

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra mechanické technologie

**Svařování oceli se zvýšenou odolností proti atmosférické  
korozi**

**Welding steel with improved atmospheric corrosion  
resistance**

Bakalářská práce

Student:  
Vedoucí bakalářské práce:

Magnusek Martin  
doc. Ing. Drahomír Schwarz, CSc.

Ostrava 2009

## **Anotace bakalářské práce**

MAGNUSEK, M. Svařování oceli se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi. Ostrava: katedra mechanické technologie, Fakulta strojní VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2009, Bakalářská práce, vedoucí Schwarz, D.

Bakalářská práce se zabývá svařováním mostní ocelové konstrukce z oceli se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi. Tato mostní ocelová konstrukce se skládá ze dvou hlavních nosníků ze svařovaných I profilu o výšce 2366 mm a šířce dolní pásnice 1000mm, které jsou mezi sebou spojeny příčníky ve tvaru I profilu. Na horní pásnici hlavních nosníků jsou přivařeny spřahovací trny, které slouží ke spřažení betonové desky s ocelovou konstrukcí hlavních nosníků. Na provedené montážní svary byly vypracovány protokoly o schválení postupu svařování a svary byly podrobeny destruktivním a nedestruktivním zkouškám. Výsledky destruktivních i nedestruktivních zkoušek byly vyhovující.

## **Annotation of Thesis**

MAGNUSEK, M. Welding steel with improved atmospheric corrosion resistance. Ostrava: Department of Mechanical Technology, Faculty of Mechanical Engineering VSB-Technical University Of Ostrava, 2009, Thesis, head: Schwarz, D.

Bachelor's thesis puts mind to welding of bridge steel construction from steel of quality with increased stability to atmospheric corrosion. This bridge construction composed of two main beams from welded I-sections with height of bottom flange 2 366m and with width of bottom flange 1000m, which are linked with one another with crossbeams in the form I-sections. At top flanges of main beams are welded side thorns, which make for concrete slab with steel construction of main beams. To executed site welds have been made the protocols to approval of welding procedure and welds have been put to the destructive and non-destructive tests. Results of the destructive and non-destructive tests were suitable.

### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celý ročníkový projekt včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 18. září 2009

.....

podpis studenta

## Obsah

1	Úvod .....	6
2	Přehled současného stavu řešené problematiky .....	7
2.1	Oceli se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi.....	7
2.1.1	Základní vlastnosti.....	7
2.1.2	Povrchová úprava.....	8
2.1.3	Vývoj oceli se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi.....	8
2.1.4	Mikrolegované termomechanicky válcované oceli.....	8
2.1.5	Nízkouhlíkové bainitické oceli.....	9
2.1.6	Zdokonalení patinující oceli pro normy a možnosti ČR .....	9
2.1.7	Vliv svařování a doporučené přídatné materiály.....	11
2.2	Svařování MIG a MAG.....	12
2.2.1	Přednosti metody svařování MIG/MAG.....	12
2.2.2	Princip metody.....	12
2.2.3	Způsoby přenosu kovu.....	12
2.2.4	Zařízení pro svařování MIG/MAG.....	13
2.2.5	Přídavné materiály.....	14
2.3	Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou.....	15
2.3.1	Složení elektrického oblouku.....	15
2.3.2	Způsoby připojení elektrody.....	15
2.3.3	Svařovací zdroje proudu.....	16
2.3.4	Přídavné materiály .....	16
2.3.5	Obaly elektrod.....	16
3	Cíle práce .....	17
4	Metodika .....	17
4.1	Metoda svařování.....	17
4.1.1	Náležitosti k zajištění svařování.....	17
4.1.2	Skladování a sušení přídatného materiálu.....	17
4.1.3	Kvalifikace svářečů.....	18
4.2	Postup svařování.....	18
4.2.1	Přehřev a hodnoty přehřátí.....	18
4.2.2	Stehování a svařování hlavního nosníku.....	19
4.2.3	Svařování příčnicku.....	20
4.2.4	Přivařování spřahovacích trnů.....	21
4.2.5	Svařování oprav.....	21
4.3	Kontrola po svařování.....	21
4.4	Bezpečnost práce.....	21

4.5	Metodika pro ověřování vlastností nosných svarových spojů.....	21
4.5.1	Vizuální kontrola.....	22
4.5.2	Zkouška kapilární.....	22
4.5.3	Zkouška tahem.....	22
4.5.4	Zkouška lámavosti.....	23
4.5.5	Zkouška rázem v ohybu.....	23
4.5.6	Zkouška tvrdosti.....	23
4.5.7	Zkouška makrostruktury.....	23
5	Vyhodnocení výsledků měření a diskuse.....	24
5.1	Výsledky zkoušek pro horní a spodní pásnici hl. nosníku.....	24
5.2	Výsledky zkoušek pro stěnu hl. nosníku .....	26
5.3	Výsledky zkoušek pro horní a spodní pásnici příčnicku.....	29
5.4	Výsledky zkoušek pro krční sváry .....	31
5.5	Výsledky zkoušek pro spřahování trny.....	33
5.6	Hotový svarový spoj hlavního nosníku.....	23
6	Závěr.....	37
	Literatura .....	38

## 1. Úvod

V této Bakalářské práci bych chtěl přiblížit problematiku svařování mostních ocelových konstrukcí z ocelí se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi (Atmofix). Na první pohled tyto oceli mohou vypadat jako staré a rezavé, ale právě tato rez, je zde úmyslně, aby vytvořila povlak na povrchu materiálu a tím zabránila dalšímu pronikání koroze do materiálu. Tomuto povlaku se také říká patina. Tyto oceli se používají převážně kvůli snížení nákladů na povrchovou ochranu ocelové konstrukce, ale zároveň vyžadují určitá opatření, která zajistí vysokou jakost svarových spojů. Podstata zvýšené odolnosti proti atmosférické korozi je v obsahu malého množství mědi, fosforu, chromu a niklu v oceli. V České republice jsou tyto oceli označovány pod obchodním názvem Atmofix. Obsah legujících prvků nepřesahuje 2%. V sedmdesátých letech byl v ČSSR zaveden úplný sortiment patinujících ocelí s vlastnostmi, které odpovídají obdobným zahraničním ocelím. V České republice byly první objekty z patinujících ocelí postaveny v 70. letech minulého století. Hlavními objekty byly stožáry elektrického vedení, vysílací věže a mosty. Materiál byl využit i k architektonickým účelům, jako obložení budov či nosné a doplňkové prvky budov. Některé stavby byly stavěny jako experimentální a byly dlouhodobě průběžně sledovány. Podle typu objektu se vyskytly specifické korozní problémy, související s konstrukčním řešením jednotlivých objektů, převážně však výsledky potvrdily, že patinující ocelí Atmofix jsou materiálem, který je vhodný i pro dlouhodobé vystavení atmosféře bez povrchové úpravy, pokud jsou dodrženy požadavky na vystavení prostředí, konstrukční řešení a je prováděna minimální potřebná údržba. Mostní konstrukce představují z technických i ekonomických důvodů optimální možnost použití patinujících ocelí. Oceli Atmofix byly postupně uplatněny pro různé konstrukční varianty plnostěnných i příhradových ověřovacích konstrukcí lávek a silničních i železničních soustav a silničních a tramvajových mostů přes nádraží v Ostravě-Svinově, most přes Ostravici ve Frýdku-Místku nebo první železniční mosty z patinujících ocelí v Brně, Krnově a Praze. V současné době se z patinujících ocelí dokončují velké dálniční mosty na D47. A právě o stavbě jednoho z nich bude následující práce.

## 2 Přehled současného stavu řešené problematiky

### 2.1 Ocelí se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi

#### 2.1.1 Základní vlastnosti

Základní vlastností ocelí se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi, je jejich schopnost tvořit za vhodných atmosférických podmínek postupně na svém povrchu vrstvu oxidů, která zpomaluje rychlost koroze. Této vrstvě oxidů se také říká patina, proto někdy nazýváme oceli se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi jako patinující oceli. Hlavní výhodou těchto ocelí je především tvorba zmíněné oxidické vrstvy na povrchu oceli a tím zabránění pronikání koroze hlouběji do materiálu. Díky tomu se také povrch ocelí nemusí nijak chránit protikorozními nátěry, což přináší jak ekonomické tak i ekologické výhody. První patinující ocel byla patentována a uvedena v roce 1933 v USA pod obchodním názvem Corten. Po roce 1968 byly v Československé republice vyvinuty oceli s označením atmofix, které jsou svými charakteristikami srovnatelné s oceli Corten.

Obchodní označení	Obsah jednotlivých prvků v oceli [hm. %]										
	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Cu	V	Al	Nb
Cor-Ten A	0,09	0,35	0,30	0,081	0,005	0,27	0,48	0,28		0,037	
Cor-Ten B	0,19	0,80 1,25	0,30 0,65	0,04	0,05	0,40	0,40 0,65	0,25 0,40	0,02 0,10		
Atmofix A	0,12	0,30 1,00	0,25 0,75	0,05 0,06	0,04	0,30 0,60	0,50 1,25	0,30 0,55	0,01 0,10	0,01	
Atmofix B	0,10 0,17	0,90 1,20	0,20 0,45	0,03 0,06	0,04	0,30 0,60	0,40 0,80	0,30 0,55	0,01 0,1		0,04

Patinující ocelí jsou nízkolegované oceli s obsahem malého množství Cr, Cu, Ni, P a dalších legujících prvků. Obsah legujících prvků běžně nepřesahuje 2 %, některé nově vyvíjené patinující oceli však mají obsah legujících prvků vyšší (např. japonské oceli s obsahem Ni až 3 %). Počáteční korozní rychlost patinujících ocelí je přibližně stejná jako u běžných konstrukčních uhlíkových ocelí, vyšší odolnost proti atmosférické korozi se projeví až po určité době. Podmínkou pro tvorbu ochranné vrstvy patiny je cyklické působení mokrých a suchých period. Ve vhodných atmosférických podmínkách vzniká postupně pevná a přilnavá vrstva patiny, která zpomaluje korozní proces. Vrstva patiny se vyvíjí postupně a ustálených vlastností dosahuje po 3 až 5 letech. Struktura, barva i ochranná funkce patiny závisí na vlastnostech prostředí a konstrukčním uspořádání. Základními vlastnostmi patiny jsou především vyšší kompaktnost a nižší poréznost v porovnání s běžnou korozní vrstvou. Tloušťka vrstvy patiny dosahuje max. 200μm, průměrné tloušťky jsou 100μm. Vrstva patiny se skládá z několika vrstev, které se odlišují především svými mechanickými vlastnostmi. Ochranná účinnost vzniklých vrstev oxidů závisí zejména na jejich schopnosti bránit proniku agresivního prostředí vrstvou a snižovat významně korozní rychlost.

### 2.1.2 Povrchová úprava

Povrchová úprava patinujících ocelí se obecně nevyžaduje. Patinující oceli se využívají dlouhodobě především pro ocelové konstrukce, možnost že se zde nemusí používat nátěry na protikorozi ochranu přináší řadu technologických a ekonomických výhod, kde struktura a barva patiny není brána jako vada. Nátěry se případně mohou aplikovat na vybrané plochy, na kterých by se nemusela vytvořit vrstva ochranné patiny, nebo na místa, kde tato vrstva byla porušena.

### 2.1.3 Vývoj oceli se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi

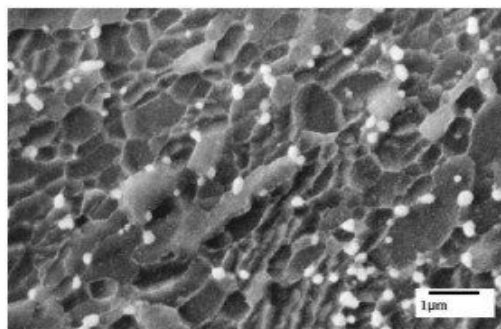
V České republice jsou pro silniční a železniční komunikace používány zejména oceli typu ATMOFIX jakosti S235W a S355W. Jsou to patinující nízkolegované oceli, které obsahují malé množství Cr, Cu, Ni, P a dalších legujících prvků (např. Mo). Mikrostruktura těchto ocelí je feriticko-perlitická, mez kluzu  $R_e$  je 400 MPa a tažnost  $A$  dosahuje až 30 %. Tyto oceli mají poměrně dobrou protikorozi odolnost. Z hlediska metalurgicko-materiálového však tato feriticko-perlitická mikrostruktura pro další vývoj nemá význam.

Ve světě je vývoj vysokopevných ocelí se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi ovlivněn především stavbou náročných silničních a železničních komunikací v přímořských a pobřežních oblastech se zvýšeným obsahem chloridu v atmosféře (salinitou). Před několika lety byla vyvinuta patinující ocel se zvýšeným obsahem Ni (až 3% Ni). Ni v oceli však zásadně zvyšuje její cenu a komplikuje její recyklování. Proto se výroba této oceli zastavuje. Největším vývojem ocelí se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi ve světě jsou mikrolegované, termomechanicky válcované oceli s klasickou feriticko-perlitickou strukturou a nízkouhlíkové bainitické nebo feriticko-bainitické oceli.

### 2.1.4 Mikrolegované termomechanicky válcované oceli

Mikrolegované oceli jsou nízkouhlíkové oceli s klasickou feriticko-perlitickou mikrostrukturou. Postupným studiem těchto ocelí se zjistilo, že perlit zhoršuje korozní odolnost těchto ocelí. Nejnižší korozní odolnost má ocel s feriticko-perlitickou mikrostrukturou. U mikrolegovaných, termomechanicky válcovaných ocelí, je díky specifickému chemickému složení, silně omezena tvorba perlitické fáze. U těchto ocelí, je pomocí mikrolegování v kombinaci s vhodným režimem termomechanického válcování dosaženo jemnozrnné mikrostruktury s velmi dobrými mechanickými vlastnostmi. Při prudkém ochlazení oceli s vysokým obsahem Si a Al z teploty 1100°C na teplotu 650°C a následným válcováním za tepla s celkovou deformací 95% se dosáhne ultrajemnozrnné mikrostruktury tvořené feritem a cementitem. Velikost zrna vzorku válcovaného při teplotě 600°C je 1  $\mu\text{m}$ . To je skoro stejná velikost zrna, jako u běžné uhlíkové Si-Mn oceli válcované při stejné teplotě. Pevnost mikrolegované oceli s Si a Al je však asi o 130 MPa vyšší než pevnost uhlíkové Si-Mn oceli. Je to důsledkem zpevnění tuhého roztoku prvky Si a Al. Také tažnost je díky zjemnění zrna u mikrolegované oceli s Si a Al mimořádně vysoká. Vývoj Mikrolegované termomechanicky válcované oceli s vyššími obsahy Si a Al by měl docílit velmi dobrých korozivzdorných vlastností a díky zjemnění zrna i velmi dobré tažnosti.





Mikrostruktura mikrolegované oceli s Si a Al válcované při teplotě 600°C

### 2.1.5 Nízkouhlíkové bainitické oceli

V porovnání s klasickými feriticko-perlitickými patinujícími oceli vykazují nízkouhlíkové bainitické oceli vyšší pevnost v důsledku bainitické mikrostruktury a výbornou svařitelnost díky nízkému obsahu uhlíku. Nízký obsah uhlíku má také vliv na formování homogenního bainitu. Pokles pevnosti díky nízkému obsahu uhlíku pak musí být vyrovnán vhodným mikrolegováním a termomechanickým zpracováním. Bainit v mikrostruktuře způsobuje, kromě výborných mechanických vlastností, také velice dobrou korozní odolnost proti atmosférické korozi. Problémem je, že bainitická patinující ocel nemůže svým chemickým složením vyhovět limitům daným normou ČSN EN 10025-5. Dalším problémem je také výroba této oceli, protože v České republice zatím není žádný výrobce, který by ovládal technologii zrychleného ochlazování plechu. Zrychlené ochlazování plechu je u této výroby oceli důležité, protože při daném chemickém složení bude po volném ochlazení na vzduchu mikrostruktura plechu tvořena feritem a perlitem s pouze minimálním podílem bainitu.

### 2.1.6 Zdokonalení patinující ocelí pro normy a možnosti ČR

Hlavním důvodem pro zdokonalení těchto ocelí je velké používání posypových solí na dopravních komunikacích. Převážně jde o zdokonalování světových koncepcí ocelí se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi. Tyto oceli jsou totiž také určeny především pro prostředí vyžadující zvýšenou odolnost proti vysoké salinitě. Abychom se však více přiblížili omezením daným normou ČSN EN 10025-5 a výrobním technologickým možnostem, byla chemická složení jak mikrolegovaných termomechanicky válcovaných ocelí, tak nízkouhlíkových bainitických ocelí modifikována. Pomocným nástrojem při úpravách chemického složení byl použit počítačový program TT Steel, určený pro konstrukci rozpadových diagramu oceli a zjištění mechanických vlastností po ochlazování nebo tepelném zpracování.

U mikrolegovaných, termomechanicky válcovaných patinujících ocelí bylo hlavním úkolem přiblížení chemického složení normě ČSN EN 10025-5. Dalším úkolem bylo potlačení perlitické fáze, která zhoršuje korozní odolnost mikrolegovaných ocelí. Toho se dosáhlo specifickým legováním této oceli. Byly navrženy dvě různé modifikace patinujících mikrolegovaných ocelí, u kterých je v důsledku specifického legování perlitická fáze silně potlačena. U první oceli byly mírně na horní hranici podle normy ČSN EN 10025-5 zvýšeny obsahy Si a P. U druhé mikrolegované oceli je chemické složení také přizpůsobené tak, aby byla potlačena tvorba perlitu, navíc je u ní ještě poměrně výrazně zvýšen obsah Si a Al.

U nízkouhlíkové bainitické oceli bylo nutné přizpůsobit chemické složení tak, aby podíl bainitu ve struktuře bylo dosaženo už při rychlosti ochlazování odpovídající volnému chladnutí na vzduchu. Z toho důvodu byla zvýšena úroveň legování bainitické oceli, částečně byl zvýšen také obsah Mn, Ni a Mo. Z tohoto důvodu se sice zvýšil uhlíkový ekvivalent oceli, přesto však vyhovuje limitu 0,52 pro ocel S355 podle CSN EN 10025-5.

Chemické složení poloprovozních taveb patinujících ocelí

Obsah prvku [hm. %]	Označení tavby		
	Mikrolegovaná	Si + Al	Bainitická
C	0,05	0,08	0,05
Mn	0,9	1,2	1,9
Si	0,5	0,7	0,3
P	0,03	0,01	0,01
S	0,005	0,005	0,005
Ni	0,01	0,01	0,2
Cr	0,55	0,2	0,4
Mo	0,005	0,005	0,05
Cu	0,3	0,3	0,3
V	0,005	0,005	0,008
Ti	0,019	0,019	0,019
Nb	0,05	0,05	0,05
Al	0,05	0,7	0,05
B	0,0003	-	0,003

Samotné poloprovozní tavby patinujících ocelí byly odlity při teplotě 1620°C do ingotu 15HE, velikost taveb je 1400kg. Ingoty všech tří taveb byly na blokové válcovací trati převálcovány na bramy s příčnými rozměry 135x250 mm a následně válcovány na univerzální trio válcovací stoličce na pásnice tloušťek 10; 20 a 35 mm. Dovalcovací teplota pro jednotlivé tloušťky byla 850°C.

Mechanické vlastnosti mez kluzu Re, mez pevnosti Rm a tažnost A pásnic z jednotlivých poloprovozních taveb ve stavu po válcování, byly stanoveny tahovou zkouškou na plochých vzorcích z plné tloušťky 10, 20 a 35 mm.



Ploché tahové zkoušky tloušťek 10, 20 a 35 mm po přetržení

U všech zkoumaných ocelí a tloušťek se podařilo dosáhnout velmi vysoké úrovně meze kluzu, která splňuje požadavky EN 10025-5 pro jakost S355.

Tl. pásnice [mm]	Mikrolegovaná			Si + Al			Bainitická		
	Re	Rm	A	Re	Rm	A	Re	Rm	A
	[Mpa]	[Mpa]	[ % ]	[Mpa]	[Mpa]	[ % ]	[Mpa]	[Mpa]	[ % ]
10	410	544	29,5	460	555	32	422	678	21,4
20	397	486	33,3	443	535	31,4	405	650	24,6
35	369	485	29,3	402	525	27,5	403	656	20,4

Mechanické vlastnosti pásnic z poloprovozních taveb patinujících ocelí stanovené tahovými zkouškami

Pro srovnání norma CSN EN 10025-5 pro plechy z materiálu S355 do tloušťky 40 mm uvádí nejnižší mez kluzu  $R_{e\ min} = 355\ MPa$ , pevnost v tahu  $R_m = 470 - 630\ MPa$  a nejnižší tažnost podél  $A = 22\%$ .

### 2.1.7 Vliv svařování a doporučené přídatné materiály

Prvky podporující odolnost proti atmosférické korozi zvyšují uhlíkový ekvivalent, který ovlivňuje svařitelnost ocelí. Tento vliv je částečně kompenzován snížením obsahu uhlíku v závislosti na daném typu oceli. Měď zvyšuje náchylnost ke vzniku krystalizačních a likvačních trhlin. Fosfor snižuje houževnatost spoje a jeho odolnost proti vzniku trhlin za tepla. Dále může způsobit vznik bublin a jejich shluků v důsledku vypařování. Protože jsou výše zmiňované oceli legovány i mikrolegujícími prvky (Ti, Nb, V, Zr), musíme eliminovat jejich nepříznivé důsledky na svařitelnost. Precipitace sulfonitridů nebo tenkých karbonitridických filmů na hranicích primárních zrn může vyvolat vznik trhlin za tepla, zvýšenou náchylnost na lamelární štěpení, nárůst tranzitní teploty a snížení plasticity vznikem krystalizačních trhlin. Proto je nutné limitovat množství vneseného tepla a v případě mikrolegování Nb použít přídatné materiály s 0,3–0,5 Mo. Při svařování je snížena rychlost ochlazování předehřevem, který působí příznivě nejen na tvorbu rozpadových struktur v tepelně ovlivněné oblasti, ale i na snížení zbytkového pnutí a množství difuzního vodíku.

Při volbě přídatných materiálů u jednovrstvých svarů je možné volit nelegované přídatné materiály stejné pevnostní třídy. Svarový kov má obdobné vlastnosti jako základní materiál. Vzhledem k nižšímu obsahu legujících prvků ve svaru však lze očekávat, že v počáteční fázi působení atmosférické koroze bude světlejší, barevná různorodost se srovná teprve po 1–3 letech. Je-li stejná barevnost požadována již od počátku, doporučuje se používat přídatné materiály odpovídající svým legováním základnímu materiálu.

U vícevrstvých svarů je možné výplňové vrstvy realizovat nelegovanými přídatnými svařovacími materiály, pro krycí vrstvy pak použít legované, vyvinuté speciálně pro oceli se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi. V praxi se však běžně používají přídatné materiály se zvýšenou odolností i pro výplňové vrstvy. Hrozí-li, že v kořenových oblastech vzniknou trhliny, je možné použít materiály s nižší pevností a vyšší plasticitou.

## 2.2 Svařování MIG a MAG

Svařování metodou MIG/MAG je proces svařování v ochranných plynech tavící se elektrodou. Tato technologie svařování se uplatňuje především ve výrobě nosných ocelových konstrukcích. Svařování MAG se využívá hlavně při spojování nelegovaných ocelí a nízkolegovaných ocelí. Svařování MIG se využívá při spojování vysokolegovaných ocelí a neželezných kovů.

### 2.2.1 Přednosti metody svařování MIG/MAG

Vysoká produktivita a hospodárnost provádění spojů

Dobrá operativnost i při svařování v polohách

Vhodné pro ruční, mechanizované a robotizované provádění procesu svařování

Příznivé využití vlastností provedených svarových spojů

Nízké investiční náklady

Malé deformace svarových spojů a svařovaných konstrukcí

### 2.2.2 Princip metody

Jako zdroj tepla pro svařování se využívá elektrického oblouku, který hoří mezi základním materiálem a koncem tavící se elektrody, v prostředí ochranného plynu, který chrání tavnou lázeň před nepříznivými vlivy okolní atmosféry. Jako ochranný plyn se používá pro metodu MIG inertní plyn, který se skládá z argonu (Ar), helia (He), případně Ar + H<sub>2</sub>. Pro metodu MAG se používá aktivní plyn který se skládá z CO<sub>2</sub>, Ar + CO<sub>2</sub>, Ar + CO<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>.

### 2.2.3 Způsoby přenosu kovu

#### Zkratový přenos

Používá se pro MIG/MAG svařování tenkých plechů, kořenových vrstev a pro svařování v polohách. Je charakteristický rozstříkem kovu. Je realizován při nízkém napětí na oblouku přibližně 14 až 20 V.

#### Polozkratový přenos

Je to kombinace zkratového a bez zkratového přenosu, který se používá při MIG/MAG svařování plechů středních tloušťek. Drát se odtavuje převážně ve formě kapek větších rozměrů. Rozstřík kovu je malý. Napětí na oblouku se pohybuje okolo 18 až 28 V.

#### Kapkový bez zkratový přenos

U MAG svařování se používá ke svařování ocelí větších tloušťek ve směsích Ar + CO<sub>2</sub> a u svařování MIG pro hliník a jeho slitiny velkých tloušťek. Napětí na oblouku se používá vyšší a to v rozmezí 25 až 35 V.

#### Sprchový přenos

Využívá se zde vysokého tepelného příkonu a vysoké proudové hustoty svařovacího proudu. Používá se při svařování kovových materiálu větších tloušťek. Ve směsných plynech

se používá argon. Přenos proudu je ve formě malých kapek. Proces je stabilní a téměř bez rozstřiku.

#### Impulsní přenos

Používá se při svařování tenkých materiálů. Přenos proudu je ve formě kapek, je velmi stabilní a bez rozstřiku. Používají se plyny na bázi argonu, v oxidu uhličitém nelze realizovat. Používá se zde pulzujícího proudu.

#### Přenos rotujícím obloukem

Používá se u strojního svařování ocelí velkých tloušťek. Směsné plyny jsou na bázi argonu s vysokým obsahem helia. Vysokou produktivitu svařování zabezpečuje vysoký tepelný příkon a vysoké svařovací rychlosti.

### **2.2.4 Zařízení pro svařování MIG/MAG**

#### Svařovací zdroje

- Svařovací generátory
- Svařovací usměrňovače
- měniče

#### Podavače drátu

Podavač drátu je zařízení s regulačním elektromotorem a mechanickou převodovkou. Dále podavač obsahuje pár podávacích kladek, které se dělí na hnací, přítlačné a rovnací. Z podavače vystupuje drát do vodící trubičky a do kovového bowdenu. Minimální délka bowdenu je 1,5 až 2 m.

#### Svařovací hořáky

Svařovací hořáky slouží jako přívod svařovacího proudu na tavící se elektrodu přes koncovku (špičku), dále slouží k usměrňování ochranného plynu do místa svařování přes dýzu (hubici). Tyto hořáky jsou chlazené vodou.

#### Zásobník ochranného plynu

Technické plyny pro svařování MIG/MAG se dodávají v tlakových lahvích o objemu 20 a 40 l. V lahvích je zkapalněný oxid uhličitý s vnitřním přetlakem 5 Mpa. Láhve jsou vybavené redukčním ventilem s tlakoměrem a průtokoměrem. Někdy obsahují i elektrický ohřívač proti zamrznutí ventilu při velkém odběru z láhve.

#### Svařovací vodiče a hadice

Svařovací vodiče spojují základní komponenty svařovacího obvodu, kterými protéká svařovací proud. Vodiče se připojují pomocí bajonetových koncovek. Na svár se vodič připevňuje svařovací svorkou. Svařovací vodiče musí být co nejkratší a musí mít dostatečný průřez jádra vhodný pro rozsah svařovacího proudu..

Hadice pro rozvod ochranného plynu a chladicí vody musí být lehké a ohebné, například z teflonu nebo silonu.

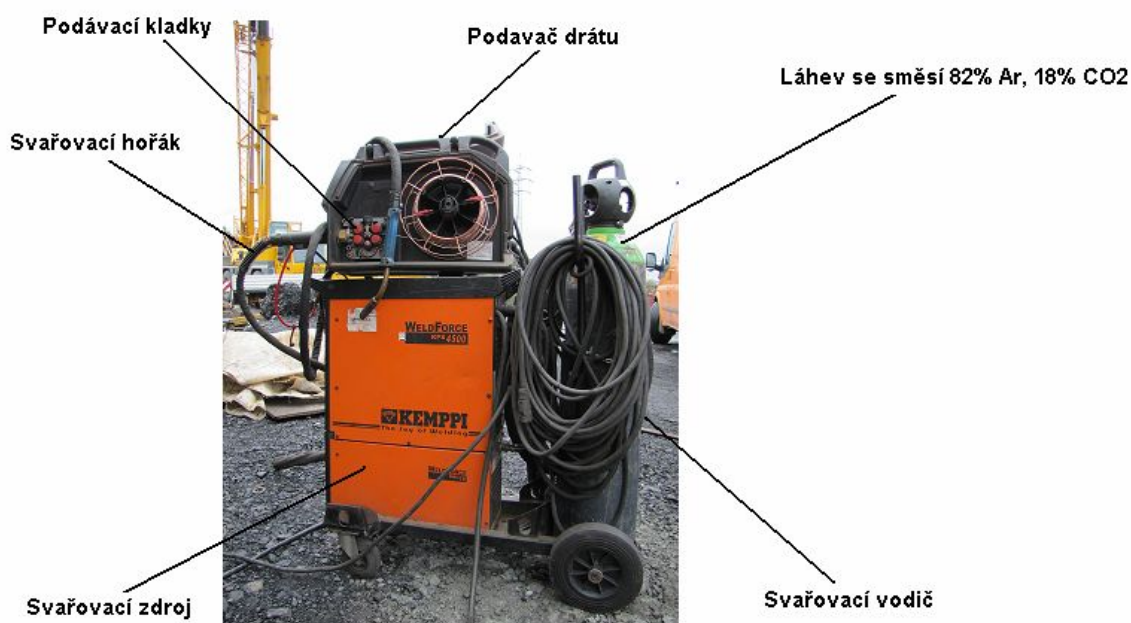


Schéma svařovacího stroje pro MAG svařování

### 2.2.5 Přídavné materiály

Přídavné materiály pro metodu MIG/MAG se používají buď dráty, nebo plněné trubičkové elektrody. Dodávají se navinuté na kovových, nebo umělohmotných cívkách.

#### Funkce přídavných materiálů

- Doplnují objem svarové lázně
- Dodávají vhodné legovací a dezoxidační přísady do svaru
- Jsou vodičem elektrického proudu

#### Vlastnosti přídavných materiálů

- Vhodné chemické složení
- Vhodný průřez
- Vysoká čistota a hladkost povrchu
- Přiměřená tuhost a tvrdost

#### Trubičkové elektrody

- S rutilovou náplní
- S bazickou náplní
- S kovovou náplní

Svařovací trubička s náplní kovového prášku se používá pro svařování ocelí střední a vyšší pevnosti. Trubička je určena pro svařování dílů z tenkých plechů z ocelí s mezí kluzu do

460 MPa ve všech polohách. Má velmi dobré svařovací vlastnosti stabilní v širokém rozsahu svařovacích proudů. Často se používá jako náhrada plného drátu na mechanizovaných a robotizovaných pracovištích.

Svařovací trubička s rutilovou náplní slouží pro svařování ocelí střední a vyšší pevnosti ve všech polohách. Trubičkový drát je určen pro svařování ocelí do pevnosti 620 MPa.

Trubičkový drát s bazickou náplní je vhodný pro svařování tlustých plechů s vysokými požadavky na mechanické vlastnosti spoje. Je vhodný pro svařování kořenových svarů s použitím keramických podložek i bez nich.



Trubičkový drát s rutilovou náplní



Trubičkový drát s kovovou náplní

## 2.3 Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou.

Zdrojem tepla při svařování obalenou elektrodou je elektrický oblouk, který hoří mezi obalenou elektrodou a svařovaným materiálem. Dochází zde k tavení elektrody a povrchu základního materiálu. Svařovací oblouk je tvořen elektrickým výbojem kruhového průřezu, který prochází horkým ionizovaným plynem. Podmínkou pro udržení svařovacího oblouku je, že proud musí být dostatečně velký a napětí vyšší než je ionizační napětí.

### 2.3.1 Složení elektrického oblouku

- Katodová skvrna na povrchu žhavé katody
- Oblast katodového úbytku těsně u katody
- Sloupec oblouku tvořen plazmatem mezi katodou a anodou
- Oblast anodového úbytku napětí těsně nad anodou
- Anodová skvrna na anodě, kde jsou pohlcovány elektrony

### 2.3.2 Způsoby připojení elektrody

- Přímá polarita
- Nepřímá polarita

Přímá polarita je, když na elektrodě je pol mínus a na základním materiálu pol plus. Při opačném zapojení jde o nepřímou polaritu.

### 2.3.3 Svařovací zdroje proudu

Pro obloukové svařování obalenými elektrodami se využívají zdroje střídavého, nebo stejnosměrného proudu.

Zdrojem proudu při svařování střídavým proudem jsou svařovací transformátory. Tato transformátory jsou jednoduché, mají nízké pořizovací náklady a nejsou náročné na údržbu. Nevýhodou je, že se nedají dálkově regulovat, ke svařování se musí používat elektrody s vhodně upraveným obalem. Další nevýhodou je, že se s nimi nedá svařovat ve všech polohách.

Zdroje proudu pro svařování stejnosměrným proudem jsou točivé svařovací zdroje (dynamy) a netočivé svařovací zdroje (usměrňovače). Stejnosměrným proudem můžeme svařovat ve všech polohách. Zdroje mohou být ovládané na dálku, jsou lehké a snadno ovladatelné. Nevýhodou je, že jsou dražší než transformátory.

### 2.3.4 Přídavné materiály

Používají se ruční obalované elektrody, které se skládají z jádra a obalu elektrody. Jádro elektrody tvoří kov, který se taví zároveň s obalem. Prostřednictvím elektrického oblouku je roztavený kov přenášen do svaru a po promísení s nataveným základním materiálem vytváří svarový spoj. Obal elektrody slouží jako ochrana svarového kovu před účinky atmosféry, usnadňuje zapalování a stabilizaci oblouku, tvoří strusku na povrchu svaru.

### 2.3.5 Obaly elektrod

- Kyselý
- Bazický
- Rutinový
- Organický

Kyselý obal tvoří přísady ze železné a manganové rudy, křemičitanu, živce, dolomitu a vápence. Přednosti kyselého obalu jsou dobré formování svaru a odstraňování strusky. Dá se s ním svařovat při střídavém i stejnosměrném proudem. Přednostně se svařuje v poloze PB.

Bazický obal obsahuje vápenec. Kazivec, mramor, feroslitiny a barevný prášek. Elektrody jsou tlustě obalené. Svařuje se stejnosměrným proudem nepřímou polaritou. Lze svařovat ve všech polohách. Tvoří svarový kov s velmi dobrými mechanickými vlastnostmi.

Organický obal je složen z organických látek na bázi celulozy, dextrinu, škrobu, dřevité moučky a rašeliny. Při svařování s tímto obalem se tvoří vysoké množství ochranné plynové atmosféry s malým množstvím strusky.

Rutinový obal je tvořen převážně rutilem (oxid titaničitý), který vhodně ovlivňuje tvorbu strusky. Struska je po vychladnutí křehká a snadno odstranitelná. Těmito elektrodami lze svařovat stejnosměrným i střídavým proudem ve všech základních polohách.



### 3. Cíle práce

- Zpracování přehledu konstrukční oceli a ocelí se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi a jejich aplikaci při návrhu ocelové konstrukce.
- Navržení metody svařování předmětné oceli.
- Zpracování detailního technologického postupu pro svařování hlavního nosníku a příčnicku při svařování mostů včetně přivařování spřahovacích trnů.
- Navržení metodiku pro ověření vlastností nosných svarových spojů.

### 4. Metodika

#### 4.1 Metoda svařování

Svařování hlavního nosníku a příčnicku se bude provádět metodou svařování 136 (svařování tavící se plněnou elektrodou v ochranné atmosféře aktivního plynu) a přivařování spřahovacích trnů se bude provádět metodou svařování 111 ( ruční svařování obalenou elektrodou).

Při svařování se bude dodržovat technologický postup svařování a technologický předpis svařování WPS.

#### Svařovaný materiál

Materiál : S355J2W+N

Výrobní skupina - Aa - dle ČSN 73 2601 Provádění ocelových konstrukcí.

##### 4.1.1 Náležitosti k zajištění svařování.

- Svařovací stroje
- El. úhlová bruska
- Ruční hořáky na propan - butan
- El. sušící pec
- Termokřídy: VUSKA + 69° C; +113°C; +153°C; +220°C
- Digitální dotykový teploměr Omega, (nepřesnost měření 0,5°C )
- Základní materiál: S355J2W+N
- Přídavný materiál: Trub. elektroda FILEUR AMC 30 a FILEUR AR 30 S. Přídavné materiály ke svařování musí být dodány s osvědčením o jakosti dle ČSN EN 10204 3.1
- Trny s osvědčením o jakosti dle ČSN EN 10204 3.1
- Přídavný materiál: Elektrody EVB 50

##### 4.1.2 Skladování a sušení přídavného materiálu.

Elektrody, trny a trubičkový drát, musí být uskladněny v suché místnosti s teplotou nejméně+ 10°C s relativní vlhkostí vzduchu do 50%. Před svařováním prosušit elektrody v el. sušící peci při teplotě 100°C po dobu 1 hodiny a dále při teplotě 300-350°C po dobu 2 hodin.

### 4.1.3 Kvalifikace svářečů.

Ručně stehovat a svařovat mohou svářeči s úřední zkouškou dle ČSN EN 287-1 metodou 111 a 136 s polohou svařování PF, PC nebo H-L045.

## 4.2 Postup svařování.

Před svařováním musí být svarové plochy a nejbližší okolí svaru očištěny od rzi, barvy a všech nečistot až na čistý kov broušením a ocel. kartáčem a osušeny kyslík-acetylenovým nebo propan-butanovým plamenem. Při svařování metodou 136 se bude svařovat pouze při vhodném nadkrytí z plachet a plechových přístřešku. Při svařování metodou 111 za nepříznivých povětrnostních podmínek, se bude také svařovat pouze při vhodném nadkrytí z plachet a plechových přístřešku, aby bylo zajištěno pomalé chladnutí svaru. K dodržení mezery v kořenu svaru se budou používat distanční vložky, jednotlivé vrstvy svaru se musí očistit od strusky sekáčem a ocel. kartáčem. Po provedení celého svaru se očistí od strusky a rozstříknutého svarového kovu svar a okolí svaru. V případě, že dojde při svařování k zápalu do základního materiálu, poškozené místo se musí zavařit a zabrousit. Překrytí svaru 2-3 mm na každou stranu. Převýšení svaru max. 1-2 mm. Po nastehování jednotlivých dílů se odpálí 2-3 mm nad zákl. mat. spojovací úhelníky a zbývající část se bezvrubě zabrousí. Stejným způsobem se odstraní i další mont. pomůcky použité při rovnání a zajišťování svaru vč. mont. závěsu pro zvedání. Při malé mezeře v kořenu svaru se mezera bude brousit na předepsaný rozměr svaru. Při velké mezeře v kořenu svaru ( u svaru pásnic na keram. podl. nad 9 mm, u svaru stojin nad 6 mm) se musí provést nadvaření a to šňůrkováním a poté zabrousit na předepsaný úkos.

Povrch hotového svaru musí být pravidelný a čistý bez trhlin, zápalů, krápníku a strusky podle ČSN EN ISO 5817/B. Po zavaření kořene se musí zajistit dolní pásnice pomocí přípravku s hydraulickým zvedákem proti úhlovému smrštění.

Veškeré nastavení a dostatečné sestehování pro udržení stálého geometrického tvaru se bude provádět jen za vyrovnané teploty OK, max. rozdíl teplot 1°C. Rozdíl teplot se rozumí, že např. teplota horní pásnice hl. nosníku nesmí být větší než teplota dolní pásnice hl. nosníku o 1°C. Měření teplot se bude měřit digitálním dotykovým teploměrem Omega.

Při eventuálním rovnání materiálu S355 ohřevem, se materiál ohřeje na teplotu nejvýše 700°C. Ohřev musí být prováděn zvolna a bez přerušení v oblasti 1,5 x širší, než je vlastní rovnaná oblast. Po rovnání je nutno zajistit pozvolné ochlazování na vzduchu. Po ochlazení je nutno provést vizuální prohlídku zda nevznikly v rovnané oblasti materiálu trhlinky.

### 4.2.1 Předehřev a hodnoty teploty předehřátí.

Předehřev se bude provádět propan-butanovými hořáky:

- Materiál řady – S355J2W+N - do tl. 25 mm bez předehřevu
- tl. 25÷50 mm předehřev 110÷120°C
- tl. nad 50 mm předehřev 145÷150°C

Klesne-li teplota pod 0°C, materiál se musí předehřát na teplotu nejméně 70°C, a to i materiál u něhož předehřátí při svařování do 0°C není předepsáno. Základní materiál se musí předehřát na tři šířky svaru na každou stranu. Teplota předehřevu musí být udržována po celou dobu svařování – kontrolovat se bude termokřídami. Klesne-li teplota předehřevu pod stanovenou hranici, přeruší se svařování a základní materiál se dohřeje na požadovanou teplotu. Po zavaření svaru se zajistí jeho pomalé chladnutí, svary se nesmějí násilně ochlazovat. Klesne-li teplota pod -6°C, svařování se musí přerušit.

#### **4.2.2 Stehování a svařování hlavního nosníku**

Svařovat následujícím postupem:

1. Současně horní i dolní pásnici
2. Stojina
3. Krční svar

##### Stehování a svařování horní pásnice i dolní pásnice nesymetrický X svar na keramickou podložku (WPS č. 1, WPS č.3)

Před svařováním se přistehují na konce styku výběhové desky. Pásnice se nastehují s mezerou v kořenu 6-8 mm.

Před svařováním se přiloží keramická podložka tak, aby doléhala k pásnicím po celé délce. Svařování metodou 136 trub. elektrodou  $\varnothing$  1,2 mm. Kořen se musí svařovat dvěma svářeči ze středu do kraje pásnic. Pokud dojde k ukončení svaru mimo steh, odstraní se keramická podložka a konec svaru se vybrousí. Pak se znovu umístí keramická podložka a může se znovu svařovat. Po zavaření kořene se zajistí dolní pásnici pomocí přípravku s hydraulickým zvedákem proti úhlovému smrštění. Další vrstvy se budou svařovat ze středu do kraje trub. elektrodou  $\varnothing$  1,2 mm. Po zavaření 1/3 úkosu se vydrážkuje kořen a zavaří se druhá strana úkosu. Nakonec se dovaří zbývajících úkos. Při svařování se musí dodržet mezihouseňková teplota 200°C. Montážní svary dolních případně, horních pásnic se budou kontrolovat UT.

##### Stehování a svařování stěn - X svar (WPS č. 2)

Nejprve se musí zkontrolovat nedovaření krčních svarů a mezera v kořenu stojiny jenž musí být min. 3 mm. Jinak se musí pálením a broušením upravit nový úkos. Svařování metodou 136 trub. elektrodou  $\varnothing$  1,2 mm. - kořen se bude svařovat vratným krokem, na čtyři úseky. Další vrstvy také vratným krokem na čtyři úseky. Po zavaření 2/3 úkosu se vybrousí kořen a zavaří se druhá strana úkosu. Nakonec se dovaří zbývajících úkos. Při svařování se musí dodržet mezihouseňková teplota 200°C. 350mm stěny od horní případně od dolní pásnice se bude kontrolovat UT.

Postup svařování stěny:



#### Krční svary - K + kout. svar (WPS č. 6, WPS č.7)

Svařování metodou 136 trub. elektrodou  $\varnothing 1,2$  mm. – svařovat se bude nejprve 1 stranu úkosu, po zavaření 2/3 úkosu se vybrousí kořen a zavaří se druhá strana úkosu. Nakonec se dovaří zbývající úkos. Musí se dbát na řádné napojení montážních svarů na svary dílenské. Přechod krycí vrstvy do zákl. materiálu musí být proveden bezvrubě. Případné vady odstranit broušením.

#### **4.2.3 Svařování příčníků**

Svařovat následujícím postupem:

1. Současně horní i dolní pásnici
2. Stojina
3. Krční svar

#### Stehování a svařování horní pásnice i dolní pásnice nesymetrický X svar na keramickou podložku (WPS č. 4)

Před svařováním se přistehují na konce styku výběhové desky. Pásnice se nastehují s mezerou v kořenu 6-8 mm.

Před svařováním se přiloží keramická podložka tak, aby doléhala k pásnicím po celé délce. Svařování metodou 136 trub. elektrodou  $\varnothing 1,2$  mm. Kořen se musí svařovat dvěma svářeči ze středu do kraje pásnic. Pokud dojde k ukončení svaru mimo steh, odstraní se keramická podložka a konec svaru se vybrousí. Pak se znovu umístí keramická podložka a může se znovu svařovat. Po zavaření kořene se zajistí dolní pásnici pomocí přípravku s hydraulickým zvedákem proti úhlovému smrštění. Další vrstvy se budou svařovat ze středu do kraje trub. elektrodou  $\varnothing 1,2$  mm. Po zavaření 1/3 úkosu se vydrážkuje kořen a zavaří se druhá strana úkosu. Nakonec se dovaří zbývající úkos. Při svařování se musí dodržet mezihouseňková teplota 200°C. Montážní svary dolních případně, horních pásnic se budou kontrolovat UT.

#### Stehování a svařování stěn - X svar (WPS č. 5)

Nejprve se musí zkontrolovat nedovaření krčních svarů a mezera v kořenu stojiny jenž musí být min. 3 mm. Jinak se musí pálením a broušením upravit nový úkos. Svařování metodou 136 trub. elektrodou  $\varnothing 1,2$  mm. - kořen se bude svařovat vratným krokem, na čtyři úseky. Další vrstvy taktéž vratným krokem na čtyři úseky. Po zavaření 2/3 úkosu se vybrousí

kořen a zavaří se druhá strana úkosu.. Nakonec se dovaří zbývajících úkos. Při svařování se musí dodržet mezihouseňková teplota 200°C. Stěny budou celé kontrolovány UT.

Postup svařování stěny:



#### Krční svary - K + kout. svar (WPS č. 6, WPS č.7)

Svařování metodou 136 trub. elektrodou  $\varnothing 1,2$  mm. – svařovat se bude nejprve 1 stranu úkosu, po zavaření 2/3 úkosu se vybrousí kořen a zavaří se druhá strana úkosu. Nakonec se dovaří zbývajících úkos. Musí se dbát na řádné napojení montážních svarů na svary dílenské. Přechod krycí vrstvy do zákl. materiálu musí být proveden bezvrubě. Případné vady odstranit broušením.

#### **3.2.4 Přivařování spřahovacích trnů**

Před svařováním musí být svarové plochy a nejbližší okolí svaru očištěny od rzi, barvy a všech nečistot až na čistý kov broušením a ocel. kartáčem a musí se osušit kyslík-acetylenovým nebo propan-butanovým plamenem. Dále se označí místa pro přivaření trnů. Parametry přivařování jsou v příložené (WPS trny). Po přivaření trnů se odstraní kuličky a případný rozstřík svar. kovu.

#### **4.2.5 Svařování oprav**

Vadná místa se musí vydrážkovat a vybrousit. Vady delší než 500 mm se musí drážkovat postupně, tak aby drážkované místo nebylo delší než 500 mm. Před drážkováním se zpravované místo předehřeje na teplotu dle tloušťky materiálu.. Po drážkování se provede PT kontrola. Po vyhovující PT kontrole (nejsou zjištěné žádné indikace) se předehřeje zákl. materiál na teplotu dle tloušťky materiálu a zavaří se vydrážkované místo. Svařovat se bude bez rozkvy – šňůrkováním. Při svařování se musí dodržovat mezihouseňková teplota 200°C.

#### **4.3 Kontrola po svařování**

- Vizualní kontrola: 100% dle ČSN EN ISO 5817 skupina B.
- Specifikace UT kontroly.
  - UT kontrolu provádět po vychladnutí svaru na teplotu 20°C.
  - UT kontrolu provést dle ČSN 1714, třída zkoušení B, SP 2 dle ČSN EN 1712

#### **4.4 Bezpečnost práce**

Během svařování se musí dodržet bezpečnostní předpisy pro svařování elektrickým obloukem a řezání kyslíkem dle ČSN 05 0601, ČSN 05 0630 a ČSN 05 0610.

## **4.5 Metodika pro ověření vlastností nosných svarových spojů**

Nosné svarové spoje se budou kontrolovat jak nedestruktivními tak i destruktivními zkouškami.

### Nedestruktivní zkoušky:

- Vizuální kontrola VT
- Zkouška kapilární PT
- Zkouška ultrazvukem UT

### Destruktivní zkoušky:

- Zkouška tahem
- Zkouška lámavosti
- Zkouška rázem v ohybu
- Zkouška tvrdosti
- Zkouška makrostruktury

### **4.5.1 Vizuální kontrola**

Vizuální kontrola se bude provádět pouhým okem, po celé ploše svaru. Svar musí být důkladně očištěn od rzi a nečistot tak, aby povrch svaru mohl být zkontrolován. Kontrolu bude provádět pracovník s patřičným oprávněním a s lékařským potvrzením o testu zrakové rozlišitelnosti. Kontrola se bude provádět za dostatečného denního osvětlení nebo bílým umělým světlem o minimální intenzitě 500 luxů.

Vyhodnocování se bude provádět dle normy ČSN EN ISO 5817 stupeň jakosti B.

### **4.5.2 Zkouška kapilární**

Povrch pro kapilární zkoušku musí být důkladně očištěn od rzi a nečistot. Nejprve se na zkoušenou svarovou plochu nanese penetrant buď nástříkem, nebo nátěrem. Teplota při nanášení by se měla pohybovat okolo 5 až 50 °C. Doba působení penetrantu by měla být 5 až 15 minut. Po uplynutí doby působení penetrantu se penetrant setře z povrchu svaru čistým hadříkem a poté očistí čističem např. acetonem. Po odstranění penetrantu se na povrch svaru nástříkem nanese vývojka pro vyvolání indikace. Na bílé vyvolávací vrstvě se objeví po určité době barevná stopa vady. Vyhodnocení vad se provede vizuálně a to hned po nanesení vývojky, kdy se projeví indikace vad větších rozměrů, zatímco projevení indikací jemnějších vad trvá delší dobu, přibližně 10 a více minut.

Vyhodnocování vad se bude provádět dle normy ČSN EN 1289 stupeň přípustnosti 1.

### **4.5.3 Zkouška tahem**

Zkouška tahem se bude provádět k ověření pevnostních a plastických charakteristik. Bude se používat normalizační tyč kruhového průřezu, která bude opatřena hlavou pro uchycení ve zkušebním trhacím stroji. Ve zkušebním stroji bude docházet za definovaných podmínek jako jsou teplota a rychlost deformace k natahování zkušební tyče mezi dvěma

příčníky od nulového zatížení až do okamžiku přerušení tyče. Výsledkem tahové zkoušky bude místo přetržení zkušebního materiálu a hodnota meze pevnosti  $R_m$ .

Vyhodnocování zkoušky tahem se bude provádět dle normy ČSN EN ISO 15614-1.

#### **4.5.4 Zkouška lámavosti**

Zkouška lámavosti se bude provádět ke zkoušení deformační schopnosti svarového spoje. Bude se ohýbat zkušební tyč o tloušťce  $t$  zkoušeného svaru okolo trnu do předepsaného úhlu  $180^\circ$ . Průměr trnu bude  $4t$ . Kritériem odolnosti při zkoušce lámavosti bude dosažení předepsaného úhlu ohybu bez vzniku trhlin, nebo vznik první trhliny na tažené straně tyče s registrací dosaženého uhlu.

Vyhodnocování zkoušky lámavosti se bude provádět dle normy ČSN EN ISO 15614-1.

#### **4.5.5 Zkouška rázem v ohybu**

Zkouška rázem v ohybu se bude provádět ke zjištění odolnosti zkoušeného materiálu ke křehkému porušení. Zkouška se bude provádět na normovaném tělisku o rozměrech  $10 \times 10 \times 55$  mm, které bude mít v příčném směru vyroben vrub modelující trhlínu v materiálu. Jako typ vrubu použijeme vrub KV s hloubkou 2 mm. Ke zkoušce použijeme Charpyho kladivo, kdy proti uchycenému vzorku do opačné strany než je vrub vyroben, udeří břit kladiva o definované hmotnosti. Rázová energie, která je zachycena vzorkem vede k jeho destrukci. Podle velikosti a typu lomu se zjistí odolnost materiálu proti křehkému lomu.

Vyhodnocování zkoušky rázem v ohybu se bude provádět dle normy ČSN EN ISO 15614-1.

#### **4.5.6 Zkouška tvrdosti**

Zkouškou tvrdosti se bude zjišťovat odpor materiálu proti statickému vnikání cizího tělesa. Zkouška se bude provádět dle Vickerse, kde identorem tj. vnikajícím tělískem bude čtyřboký jehlan o vrcholovém úhlu  $136^\circ$ . Tvrdost bude hodnocena podle střední úhlopříčky vtisku.

Vyhodnocování zkoušky tvrdosti se bude provádět dle normy ČSN EN ISO 15614-1.

#### **4.5.7 Zkouška makrostruktury**

Zkouškou makrostruktury se bude posuzovat jakost svarových spojů, nečistotu v oceli a případné porušení celistvosti materiálu. Zkouška se bude provádět tak, že se naleptá předem vybroušený povrch vzorku vhodným činidlem a tím se vyvolá makrostruktura. Vyhodnocování se bude provádět pouhým okem, nebo při malém optickém zvětšení.

Vyhodnocování zkoušky makrostruktury se bude provádět dle normy ČSN EN ISO 15614-1 a ČSN EN ISO 5817 stupeň jakosti B.

## 5 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ A DISKUSE

### 5.1 Výsledky destruktivních a nedestruktivních zkoušek pro horní a spodní pásnici hl. nosníku.

#### Vlastnosti zkušební vzorku pro nedestruktivní zkoušky

Předmět kontroly:	Zkušební svarový spoj spodní a horní pásnice
Rozsah zkoušky:	30 až 120 mm
Tloušťka:	60 mm.
Typ svaru:	Tupý svar na plechu
Základní materiál:	S355J2G1W
Metoda svařování:	136
Poloha svařování:	PA

#### Vizuální zkouška

Kritéria přípustnosti:	Stupeň jakosti B,C dle ČSN EN ISO 5817
Prováděcí norma:	ČSN EN 970
Rozsah kontroly:	100%
Zařízení použita pro kontrolu:	přídavné světlo, měrka svarů, zrcátko, lupa, metr
Intenzity osvětlení:	600 LX
Kořen svaru:	bez vad
Krycí vrstva:	bez vad

#### Kapilární zkouška

Požadavek dle předpisu:	ČSN EN 1289 stupeň-1
Prováděcí předpis:	ČSN EN 571-1
Vzorek:	Spodní pásnice
Penetrant:	U 88
Rozpouštědlo:	U 87
Vývojka:	U 89
Penetrační čas :	7 min
Vyvíjecí čas:	15 min
Zkušební teplota:	20°C
Osvětlení:	500 Lx
Výsledek:	vyhovující

#### Zkouška ultrazvukem

Požadavek dle předpisu:	ČSN EN 1712 stupeň 2	
Prováděcí předpis:	ČSN EN 1714	
Vzorek:	Spodní pásnice	
UZ přístroj:	USM 35/35054-1710	
č. sondy:	1	2
Změřený úhel [°] :	60	45
Rozsah časové základny [mm] :	150	100
Zesílení [db]:	60	62
Výsledek :	Vyhovující	



### Vlastnosti zkušební vzorku pro destruktivní zkoušky

<b>Předmět kontroly:</b>	Zkušební svarový spoj spodní pásnice
<b>Tloušťka:</b>	60 mm.
<b>Norma:</b>	ČSN EN ISO 15 614-1
<b>Základní materiál:</b>	S355J2G1W
<b>Svařovací materiál:</b>	EN 758: T 42 4 MM2 H5
<b>Metoda svařování:</b>	136
<b>Poloha svařování:</b>	PA

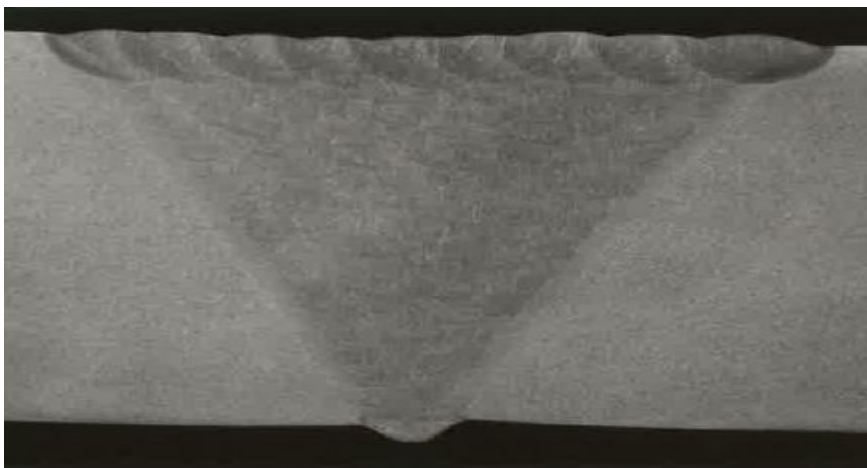
<b>Zkouška tahem</b>				
<b>Prováděcí předpis:</b>	ČSN EN ISO 15614-1			
<b>Vzorek</b>	<b>Teplota</b>	<b>Rm</b>	<b>Místo porušení</b>	<b>Výsledek</b>
	<b>[°C]</b>	<b>[Mpa]</b>		
Požadavek	20	min 490		
T1	20	527	mimo svar	vyhovující
T2	20	527	mimo svar	vyhovující

<b>Zkouška tvrdosti</b>						
<b>Prováděcí předpis:</b>	ČSN EN 1043-1					
<b>Vzorek:</b>	<b>max.ZM</b>	<b>max.TOO</b>	<b>max.SK</b>	<b>max.TOO</b>	<b>max.ZM</b>	<b>Výsledek</b>
Požadavek	max. 380 HV10					
M1	151	260	195	264	169	Vyhovující
M2	156	225	192	231	162	Vyhovující
M3	163	217	196	233	168	Vyhovující

<b>Zkouška lámavosti</b>						
<b>Prováděcí předpis:</b>	ČSN EN 910					
<b>Vzorek</b>	<b>Teplota</b>	<b>Ø Trnu</b>	<b>uhel ohybu</b>	<b>Tažená strana</b>	<b>Výsledek</b>	<b>Poznámky</b>
	<b>[°C]</b>	<b>[mm]</b>	<b>[°]</b>			
Požadavek	20	4t	180	-	-	-
O1	20	4t	180	boční zk	vyhovující	-
O2	20	4t	180	boční zk	vyhovující	-
O3	20	4t	180	boční zk	vyhovující	-
O4	20	4t	180	boční zk	vyhovující	-

<b>Zkouška rázem v ohybu</b>							
<b>Prováděcí předpis:</b>		ČSN EN 875					
<b>Vzorek:</b>	<b>Teplota</b>	<b>umístění vrubu</b>	<b>jednotlivé hodnoty [J]</b>			<b>průměr [J]</b>	<b>výsledek</b>
	<b>[°C]</b>						
požadavek:	-20						
V1-3	-20	VWT 0/2	52	56	60	56	vyhovující
V4-6	-20	VHT 2/2	129	160	138	142	vyhovující

<b>Zkouška makrostruktury</b>	
<b>Prováděcí předpis:</b>	ČSN EN 1321
<b>Požadavek:</b>	Vady se musí pohybovat v rozsahu normy ČSN EN ISO 5817/B kromě vad č. 502, 503, 504, 5214, které mohou být v rozsahu jakosti stupně C
<b>Poznámky:</b>	Vady na zkušebnímu kusu nebyly identifikovány
<b>Výsledek:</b>	Vyhovující



Výsledná makrostruktura pásnice hl. nosníku po naleptání 15% HNO<sub>3</sub> bez vad.  
Šířka teplem ovlivněné oblasti je max. 4 mm.

## 5.2 Výsledky destruktivních a nedestruktivních zkoušek pro stěnu hl. nosníku.

### Vlastnosti zkušebního vzorku pro nedestruktivní zkoušky

<b>Předmět kontroly:</b>	Zkušební svarový spoj stěna nosníku
<b>Rozsah zkoušky:</b>	30 až 60 mm
<b>Tloušťka:</b>	60 mm.
<b>Typ svaru:</b>	Tupý svar na plechu
<b>Základní materiál:</b>	S355J2G1W
<b>Metoda svařování:</b>	136
<b>Poloha svařování:</b>	PC/PF

Vizuální zkouška	
<b>Kritéria přípustnosti:</b>	Stupeň jakosti B,C dle ČSN EN ISO 5817
<b>Prováděcí norma:</b>	ČSN EN 970
<b>Rozsah kontroly:</b>	100%
<b>Zařízení použita pro kontrolu:</b>	přídavné světlo, měrka svarů, zrcátko, lupa, metr
<b>Intenzity osvětlení:</b>	600 LX
<b>Kořen svaru:</b>	-
<b>Krycí vrstva:</b>	bez vad

Kapilární zkouška	
Požadavek dle předpisu:	ČSN EN 1289 stupeň-1
Prováděcí předpis:	ČSN EN 571-1
Vzorek:	Stěna pásnice
Penetrant:	U 88
Rozpouštědlo:	U 87
Vývojka:	U 89
Penetrační čas :	7 min
Vyvíjecí čas:	15 min
Zkušební teplota:	20°C
Osvětlení:	500 Lx
Výsledek:	vyhovující

Zkouška ultrazvukem		
Požadavek dle předpisu:	ČSN EN 1712 stupeň 2	
Prováděcí předpis:	ČSN EN 1714	
Vzorek:	Spodní pásnice	
UZ přístroj:	USM 35/35054-1710	
č. sondy:	1	2
Změřený úhel [°] :	60	45
Rozsah časové základny [mm] :	150	100
Zesílení [db]:	60	62
Výsledek :	Vyhovující	

#### Vlastnosti zkušební vzorku pro destruktivní zkoušky

Předmět kontroly:	Zkušební svarový spoj stěna nosníku
Tloušťka:	60 mm.
Norma:	ČSN EN ISO 15 614-1
Základní materiál:	S355J2G1W
Svařovací materiál:	EN 758: T 42 4 MM2 H5
Metoda svařování:	136
Poloha svařování:	PC/PF

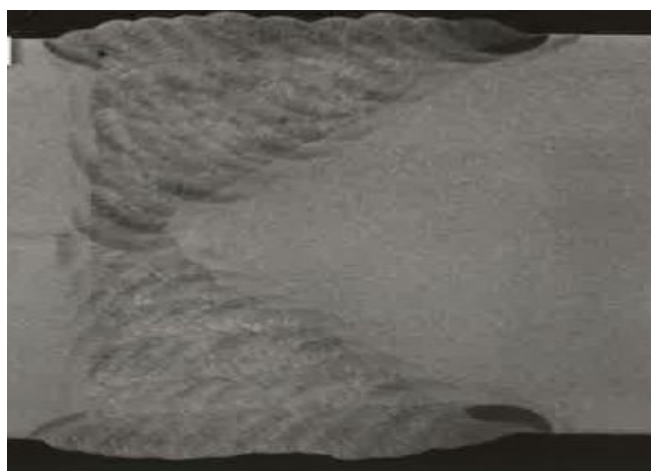
Příčná zkouška tahem				
Prováděcí předpis:	ČSN EN ISO 15614-1			
Vzorek	Teplota	Rm	Místo porušení	Výsledek
	[°C]	[Mpa]		
Požadavek	20	min 490		
T1	20	525	mimo svar	vyhovující
T2	20	526	mimo svar	vyhovující

Zkouška tvrdosti						
Prováděcí předpis:	ČSN EN 1043-1					
Vzorek:	max.ZM	max.TOO	max.SK	max.TOO	max.ZM	Výsledek
Požadavek	max. 380 HV10					
M1	157	258	248	325	151	Vyhovující
M2	158	246	300	242	164	Vyhovující
M3	158	258	220	284	156	Vyhovující

<b>Zkouška lámavosti</b>						
<b>Prováděcí předpis:</b>	ČSN EN 910					
<b>Vzorek</b>	<b>Teplota [°C]</b>	<b>Ø Trnu [mm]</b>	<b>uhel ohybu [°]</b>	<b>Tažená strana</b>	<b>Výsledek</b>	<b>Poznámky</b>
Požadavek	20	4t	180	-	-	-
O1	20	4t	180	boční zk	vyhovující	-
O2	20	4t	180	boční zk	vyhovující	-
O3	20	4t	180	boční zk	vyhovující	-
O4	20	4t	180	boční zk	vyhovující	-

<b>Zkouška rázem v ohybu</b>							
<b>Prováděcí předpis:</b>		ČSN EN 875					
<b>Vzorek:</b>	<b>Teplota [°C]</b>	<b>umístění vrubu</b>	<b>jednotlivé hodnoty [J]</b>			<b>průměr [J]</b>	<b>výsledek</b>
požadavek:	-20						
V1-3	-20	VWT 0/2	56	54	54	55	vyhovující
V4-6	-20	VHT 2/2	50	69	150	90	vyhovující

<b>Zkouška makrostruktury</b>	
<b>Prováděcí předpis:</b>	ČSN EN 1321
<b>Požadavek:</b>	Vady se musí pohybovat v rozsahu normy ČSN EN ISO 5817/B kromě vad č. 502, 503, 504, 5214, které mohou být v rozsahu jakosti stupně C
<b>Poznámky:</b>	2 struskové vměstky max. průměr 1,2 mm
<b>Výsledek:</b>	Vyhovující



Výsledná makrostruktura stěny hl. nosníku po naleptání 15% HNO<sub>3</sub> obsahuje 2 struskové vměstky s max. Ø 1,2 mm.

Šířka teplem ovlivněné oblasti je max. 4 mm.

### 5.3 Výsledky destruktivních a nedestruktivních zkoušek pro horní a spodní pásnici příčnicku

#### Vlastnosti zkušebního vzorku pro nedestruktivní zkoušky

<b>Předmět kontroly:</b>	Zkušební svarový spoj horní a spodní pásnice příčnicku
<b>Rozsah zkoušky:</b>	15 až 60 mm
<b>Tloušťka:</b>	30 mm.
<b>Typ svaru:</b>	Tupý svar na plechu
<b>Základní materiál:</b>	S355J2G1W
<b>Metoda svařování:</b>	136
<b>Poloha svařování:</b>	PA

#### Vizuální zkouška

<b>Kritéria přípustnosti:</b>	Stupeň jakosti B,C dle ČSN EN ISO 5817
<b>Prováděcí norma:</b>	ČSN EN 970
<b>Rozsah kontroly:</b>	100%
<b>Zařízení použita pro kontrolu:</b>	přídavné světlo, měrka svarů, zrcátko, lupa, metr
<b>Intenzity osvětlení:</b>	600 LX
<b>Kořen svaru:</b>	bez vad
<b>Krycí vrstva:</b>	bez vad

#### Kapilární zkouška

<b>Požadavek dle předpisu:</b>	ČSN EN 1289 stupeň-1
<b>Prováděcí předpis:</b>	ČSN EN 571-1
<b>Vzorek:</b>	horní a spodní pásnice příčnicku
<b>Penetrant:</b>	U 88
<b>Rozpouštědlo:</b>	U 87
<b>Vývojka:</b>	U 89
<b>Penetrační čas :</b>	7 min
<b>Vyvíjecí čas:</b>	15 min
<b>Zkušební teplota:</b>	20°C
<b>Osvětlení:</b>	500 Lx
<b>Výsledek:</b>	vyhovující

#### Zkouška

<b>ultrazvukem</b>		
<b>Požadavek dle předpisu:</b>	ČSN EN 1712 stupeň 2	
<b>Prováděcí předpis:</b>	ČSN EN 1714	
<b>Vzorek:</b>	horní a spodní pásnice příčnicku	
<b>UZ přístroj:</b>	USM 35/35054-1710	
<b>č. sondy:</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Změřený úhel [°] :</b>	70	60
<b>Rozsah časové základny [mm] :</b>	200	150
<b>Zesílení [db]:</b>	56	60
<b>Výsledek :</b>	Vyhovující	

### Vlastnosti zkušební vzorku pro destruktivní zkoušky

<b>Předmět kontroly:</b>	Zkušební svarový spoj horní pásnice
<b>Tloušťka:</b>	30 mm.
<b>Norma:</b>	ČSN EN ISO 15 614-1
<b>Základní materiál:</b>	S355J2G1W
<b>Svařovací materiál:</b>	EN 758: T 42 4 MM2 H5
<b>Metoda svařování:</b>	136
<b>Poloha svařování:</b>	PA

<b>Zkouška tahem</b>				
<b>Prováděcí předpis:</b>	ČSN EN 895			
<b>Vzorek</b>	<b>Teplota</b>	<b>Rm</b>	<b>Místo porušení</b>	<b>Výsledek</b>
	<b>[°C]</b>	<b>[Mpa]</b>		
Požadavek	20	min 490		
T1	20	575	mimo svar	vyhovující
T2	20	577	mimo svar	vyhovující

<b>Zkouška tvrdosti</b>						
<b>Prováděcí předpis:</b>	ČSN EN 1043-1					
<b>Vzorek:</b>	<b>max.ZM</b>	<b>max.TOO</b>	<b>max.SK</b>	<b>max.TOO</b>	<b>max.ZM</b>	<b>Výsledek</b>
Požadavek	max. 380 HV10					
M1	175	321	208	338	175	Vyhovující
M2	171	241	213	231	177	Vyhovující

<b>Zkouška lámavosti</b>						
<b>Prováděcí předpis:</b>	ČSN EN 910					
<b>Vzorek</b>	<b>Teplota</b>	<b>Ø Trnu</b>	<b>uhel</b>	<b>Tažená</b>	<b>Výsledek</b>	<b>Poznámky</b>
	<b>[°C]</b>	<b>[mm]</b>	<b>ohybu</b>	<b>strana</b>		
			<b>[°]</b>			
Požadavek	20	4t	180	-	-	-
O1	20	4t	180	boční zk	vyhovující	-
O2	20	4t	180	boční zk	vyhovující	-
O3	20	4t	180	boční zk	vyhovující	-
O4	20	4t	180	boční zk	vyhovující	-

Zkouška rázem v ohybu							
Prováděcí předpis:		ČSN EN 875					
Vzorek:	Teplota [°C]	umístění vrubu	jednotlivé hodnoty [J]			průměr [J]	výsledek
požadavek:	-20						
V1-3	-20	VWT 0/2	87	89	78	85	vyhovující
V4-6	-20	VHT 2/2	207	243	149	200	vyhovující

<b>Zkouška makrostruktury</b>	
<b>Prováděcí předpis:</b>	ČSN EN 1321
<b>Požadavek:</b>	Vady se musí pohybovat v rozsahu normy ČSN EN ISO 5817/B kromě vad č. 502, 503, 504, 5214, které mohou být v rozsahu jakosti stupně C
<b>Poznámky:</b>	Vady na zkušební kus nebyly identifikovány
<b>Výsledek:</b>	Vyhovující



Výsledná makrostruktura příčnicku po naleptání 15% HNO<sub>3</sub> bez vad.  
Šířka teplem ovlivněné oblasti je max. 4,5 mm.

#### 5.4 Výsledky destruktivních a nedestruktivních zkoušek pro krční sváry.

##### Vlastnosti zkušební vzorku pro nedestruktivní zkoušky

<b>Předmět kontroly:</b>	Zkušební svarový spoj stěna + pásnice
<b>Rozsah zkoušky:</b>	stojina 10 až 40 mm. a pásnice 15 až 60 mm.
<b>Tloušťka:</b>	30 + 20 mm.
<b>Typ svaru:</b>	Tupý svar na plechu
<b>Základní materiál:</b>	S355J2G1W
<b>Metoda svařování:</b>	136
<b>Poloha svařování:</b>	všechny

Vizuální zkouška	
<b>Kritéria přípustnosti:</b>	Stupeň jakosti B, dle ČSN EN ISO 5817
<b>Prováděcí norma:</b>	ČSN EN 970
<b>Rozsah kontroly:</b>	100%
<b>Zařízení použita pro kontrolu:</b>	přídavné světlo, měrka svarů, zrcátko, lupa, metr
<b>Intenzity osvětlení:</b>	600 LX
<b>Kořen svaru:</b>	-
<b>Krycí vrstva:</b>	bez vad

Kapilární zkouška	
Požadavek dle předpisu:	ČSN EN 1289 stupeň-1
Prováděcí předpis:	ČSN EN 571-1
Vzorek:	Stěna + pásnice
Penetrant:	U 88
Rozpouštědlo:	U 87
Vývojka:	U 89
Penetrační čas :	7 min
Vyvíjecí čas:	15 min
Zkušební teplota:	20°C
Osvětlení:	500 Lx
Výsledek:	vyhovující

Zkouška		
ultrazvukem		
Požadavek dle předpisu:	ČSN EN 1712 stupeň 2	
Prováděcí předpis:	ČSN EN 1714	
Vzorek:	Stěna + pásnice	
UZ přístroj:	USM 35/35054-1710	
č. sondy:	1	2
Změřený úhel [°] :	70	60
Rozsah časové základny [mm] :	200	150
Zesílení [db]:	58	60
Výsledek :	Vyhovující	

#### Vlastnosti zkušebního vzorku pro destruktivní zkoušky

Předmět kontroly:	Zkušební svarový spoj stěna + pásnice
Tloušťka:	30 + 20 mm.
Norma:	ČSN EN ISO 15 614-1
Základní materiál:	S355J2G1W
Svařovací materiál:	EN 758: T 42 4 MM2 H5
Metoda svařování:	136
Poloha svařování:	všechny

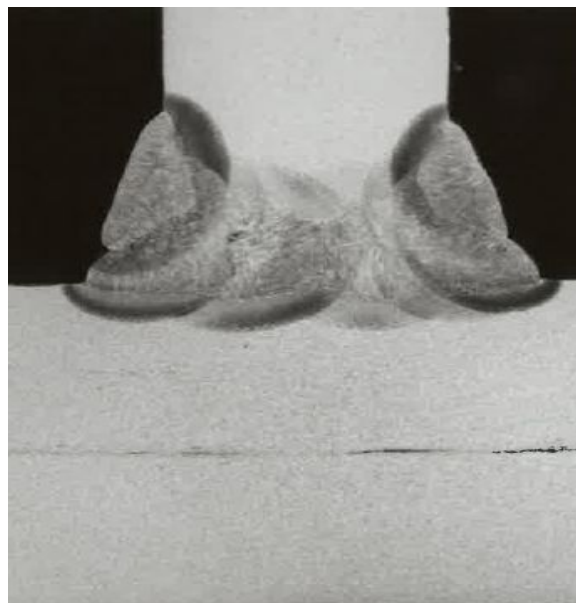
Zkouška tvrdosti						
Prováděcí předpis:	ČSN EN 1043-1					
Vzorek:	max.ZM	max.TOO	max.SK	max.TOO	max.ZM	Výsledek
Požadavek	max. 380 HV10					
M1	151	302	261	328	166	Vyhovující
M2	166	275	240	258	172	Vyhovující
M3	158	294	289	335	164	Vyhovující

Zkouška makrostruktury	
Prováděcí předpis:	ČSN EN 1321
Požadavek:	Vady se musí pohybovat v rozsahu normy ČSN EN ISO 5817/B kromě vad č. 502, 503, 504, 5214, které mohou být v rozsahu jakosti stupně C
Poznámky:	Na zkušebním kusu č.1 byly identifikovány 2 struskové vměstky max. délky 0,6 mm a na zkušebním kusu č.2 byl identifikován 1 struskový vměstek délky 0,9 mm.
Výsledek:	Vyhovující





2 struskové vměstky max. délky 0,6 mm.



1 struskový vměstek max. délky 0.9 mm.

Šířka teplem ovlivněné oblasti je max. 3,5 mm.

## 5.5 Výsledky destruktivních a nedestruktivních zkoušek pro spřahování trny.

### Vlastnosti zkušebního vzorku pro nedestruktivní zkoušky

<b>Předmět kontroly:</b>	Zkušební svarový spoj pásnice + spřahovací trn
<b>Rozsah zkoušky:</b>	stojina 10 až 40 mm. a pásnice 15 až 60 mm.
<b>Tloušťka:</b>	12,5 až 30,0mm, průměr trnu 19 mm.
<b>Typ svaru:</b>	Koutový na plechu/trubce
<b>Základní materiál:</b>	S355 + S235J2G3 + C450
<b>Metoda svařování:</b>	111
<b>Poloha svařování:</b>	PB

### Vizuální zkouška

<b>Kritéria přípustnosti:</b>	Stupeň jakosti B, dle ČSN EN ISO 5817
<b>Prováděcí norma:</b>	ČSN EN 970
<b>Rozsah kontroly:</b>	100%
<b>Zařízení použita pro kontrolu:</b>	přídavné světlo, měrka svarů, zrcátko, lupa, metr
<b>Intenzity osvětlení:</b>	600 LX
<b>Kořen svaru:</b>	-
<b>Krycí vrstva:</b>	bez vad

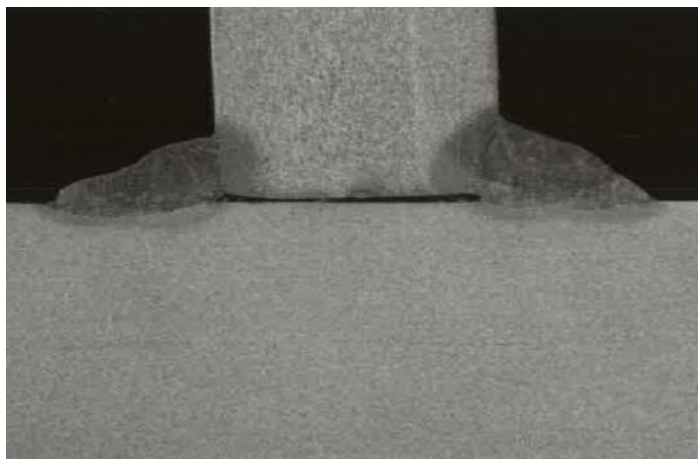
Kapilární zkouška	
Požadavek dle předpisu:	ČSN EN 1289 stupeň-1
Prováděcí předpis:	ČSN EN 571-1
Vzorek:	Pásnice + spřahovací trn
Penetrant:	U 88
Rozpouštědlo:	U 87
Vývojka:	U 89
Penetrační čas :	7 min
Vyvíjecí čas:	15 min
Zkušební teplota:	20°C
Osvětlení:	500 Lx
Výsledek:	vyhovující

### Vlastnosti zkušebního vzorku pro destruktivní zkoušky

Předmět kontroly:	Zkušební svarový spoj pásnice + spřahovací trn
Tloušťka:	12,5 až 30,0mm, průměr trnu 19 mm.
Norma:	ČSN EN ISO 15 614-1
Základní materiál:	S355 + S235J2G3 + C450
Svařovací materiál:	EN 499: E 42 4 B 32 H5
Metoda svařování:	111
Poloha svařování:	PB

Zkouška tvrdosti						
Prováděcí předpis:	ČSN EN 1043-1					
Vzorek:	max.ZM	max.TOO	max.SK	max.TOO	max.ZM	Výsledek
Požadavek	max. 380 HV10					
M1	124	208	220	206	179	Vyhovující
M2	129	176	210	174	179	Vyhovující
M3	120	201	216	199	177	Vyhovující
M4	121	150	182	192	179	Vyhovující

Zkouška makrostruktury	
Prováděcí předpis:	ČSN EN 1321
Požadavek:	Vady se musí pohybovat v rozsahu normy ČSN EN ISO 5817/B kromě vad č. 502, 503, 504, 5214, které mohou být v rozsahu jakosti stupně C
Poznámky:	Na zkušebním kusu nebyly identifikovány nepřipustné vady
Výsledek:	Vyhovující



Výsledná makrostruktura spřahovacího trnu po naleptání 15%  $\text{HNO}_3$ , byl zjištěn vměstek o max.délce 0,7 mm.

Šířka teplem ovlivněné oblasti je max. 3 mm.

### 5.6 Hotový svarový spoj hlavního nosníku



svařený hl. nosník



svařená a zabroušená spodní pásnice



krční svár



svařená stěna hl. nosníku



nastavená mezera pro svařování



## 6. Závěr

Při dodržení technologického postupu svařování a příslušných technologických předpisů svařování, bylo docíleno optimálního svarového spoje s požadovanými pevnostními a mechanickými vlastnostmi dle norem:

- ČSN 73 2601 Provádění ocelových konstrukcí
- ČSN 73 2603 Provádění ocelových mostních konstrukcí
- ČSN EN ISO 14 555 Obloukové přivařování svorníků z kovových materiálů
- ČSN EN ISO 5817 Svarové spoje oceli zhotovené obloukovým svařováním

Technologický postup svařování s navrženou metodou svařování, byl použit při svařování mostní ocelové konstrukce SO 206 na stavbě prodloužená Místecká.



SO 206 na stavbě prodloužená Místecká

### **Seznam použité literatury:**

Kolektiv autorů Technologie svařování a zařízení. ZEROSS Ostrava, 2001.  
Kolektiv autorů Materiály a jejich svařitelnost. ZEROSS Ostrava, 1999.  
Kolektiv autorů Navrhování a posuzování svařovaných konstrukcí a tlakových zařízení.  
ZEROSS Ostrava, 1999.  
Mosty a konstrukce pozemních komunikací vyrobené z patinujících ocelí. Technické podmínky, Ministerstvo dopravy ČR.  
WPQR firmy Bögl a Krýsl k.s.